

Requested Patent: JP2001111128A

Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR ;

Abstracted Patent: JP2001111128 ;

Publication Date: 2001-04-20 ;

Inventor(s):

WATANABE SEIJI; SATO SHIGE; SUZUKI TAKESHI; TANI KAZUO; SUZUKI YOKO ;

Applicant(s): SEIKO INSTR INC ;

Application Number: JP19990287612 19991008 ;

Priority Number(s): JP19990287612 19991008 ;

IPC Classification: H01L41/09; H02N2/00 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric actuator which can be driven in a desired direction, and to simplify its manufacturing process. SOLUTION: This piezoelectric actuator is composed of a displacement mechanism part 1, which is composed of a large displacement end 2 and a small displacement end 3. The piezoelectric actuator is composed of a piezoelectric element for drive, which is pasted to the large displacement end 2 on one face of the displacement mechanism part 1. The piezoelectric actuator is composed of a moving body 5, which comes into contact with the other face of the displacement mechanism part 1. When a drive signal is input to the piezoelectric element 4 for drive, which is pasted to the large displacement end 2, a large displacement is caused on the side of the large displacement end 2, and a displacement on the side of the small displacement end 3 is reduced. Due to their displacement difference, a difference is generated in a frictional force to the moving body 5 between the side of the large displacement end 2 and the side of the small displacement end 3. Due to their frictional differences, moving body 5 can be driven in the desired direction from the side of the large displacement end 2 to the side of the small displacement end 3.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-111128

(P2001-111128A)

(43)公開日 平成13年4月20日(2001.4.20)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 L 41/09

41/083

H 02 N 2/00

識別記号

F I

テ-マコ-ト(参考)

H 02 N 2/00

B

H 01 L 41/08

J

S

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平11-287612

(22)出願日

平成11年10月8日(1999.10.8)

(71)出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72)発明者 渡辺 聖士

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内

(72)発明者 佐藤 樹

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内

(74)代理人 100096286

弁理士 林 敬之助

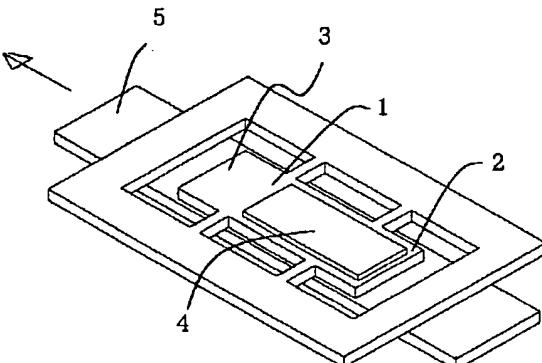
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧電アクチュエータ

(57)【要約】

【課題】 所望の方向に駆動することが可能な圧電アクチュエータの提供及び製造工程を簡略化すること。

【解決手段】 圧電アクチュエータは、大変位端2と小変位端3からなる変位機構部1と、変位機構部1の一面で、大変位端2寄りに貼付けた駆動用圧電素子4と、変位機構部1の他面と接する移動体5からなる。大変位端2寄りに貼付けた駆動用圧電素子4に駆動信号を入力することにより、大変位端2側に大きく歪みが生じ、小変位端3側の変位が小さくなる。その変位差により、大変位端2側と小変位端3側とで、移動体5に対する摩擦力に差が生じる。その摩擦差により、移動体5を大変位端2側から小変位端3へと、所望の方向に駆動させることができある。また、従来の圧電アクチュエータに見られるような突起を無くした構造であり、製造工程の簡略化が可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、

前記変位機構部の一面で且つ前記大変位端寄りに、少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けし、前記駆動用圧電素子に駆動信号を入力することにより、前記小変位端の変位に比べ、前記大変位端の変位を大にさせ、前記変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項2】 少なくとも一つの圧電素子からなり且つ大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、

前記変位機構部の前記大変位端寄りに、少なくとも一つの分極領域を設け、前記分極領域に駆動信号を入力することにより、前記大変位端の変位を前記小変位端の変位に比べ、大にさせ、前記変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項3】 大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、

少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けし、前記駆動用圧電素子に駆動信号を入力し、前記小変位端付近に小変位化手段を備えることにより、前記大変位端の変位に比べ前記大変位端の変位を大にさせ、前記変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項4】 少なくとも一つの圧電素子からなり且つ大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、

少なくとも一つの分極領域を設け、前記分極領域に駆動信号を入力し、前記小変位端付近に小変位化手段を備えることにより、前記大変位端の変位に比べ前記大変位端の変位を大にさせ、前記変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項5】 請求項3または4のいずれかに記載の圧電アクチュエータにおいて、前記小変位化手段として、動吸振器を用いることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項6】 請求項3または4のいずれかに記載の圧電アクチュエータにおいて、前記小変位化手段として、制振材を用いることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項7】 請求項1から6のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータにおいて、前記移動体が回転移動体であることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項8】 前記移動体を固定し、相対的に前記変位機構部が駆動されることを特徴とする前記1から6のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、時計、カメラ、プリンタ、情報記憶装置などに用いる圧電アクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】 電気の入力により、歪みを発生する逆圧電効果の性質を有する圧電素子の特徴として、高出力、高応答性、非磁性であること等があげられる。圧電素子を用いたアクチュエータに超音波モータがあり、圧電素子の特徴に加え、摩擦力による移動体の高保持力を有すこと等があげられる。

【0003】 超音波モータは、駆動原理から、定在波型と進行波型とに分類される。共に、小型化、および駆動原理簡素化等の理由から、矩形板、円板、円柱などの単純形状で構成されている。駆動方法としては、定在波型では、振動体に設けられた突起の楕円運動方向により移動方向が決定する方法等があり、また、進行波型では、振動体に設けられた突起の連続的な動きにより、移動体を駆動させている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 今後、超音波モータは、前述の特徴を生かした、小型化、単純化、高出力、高制御性等への要求がある。そのために、単純な構造で、高出力を生み出し、さらに安定した方向制御可能な構成とする必要がある。定在波を利用した超音波モータは、構造体の共振を利用しているため、高出力を生み出すことが可能である。しかし、一般に単純構造の共振形状は、安定かつ対称的であり、たとえば、左右駆動を可能とするためには、突起を設け、その配置を工夫したり、縮退現象を利用する等の工夫が必要であった。同様に、進行波を用いた超音波モータでも、振動波の伝搬を円滑にするために、多くの突起を設けることが必要であり、小型化する際の妨げとなることと、三次元的な加工が必要となりコストが増大することが課題となっていた。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、突起を無くした単純構造で所望の駆動方向を得ることが可能である圧電アクチュエータを提供することを目的とする。本発明に係る第1の圧電アクチュエータは、大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、前記変位機構部の一面で且つ前記大変位端寄りに、少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けし、前記駆動用圧電素子に駆動信号を入力することにより、前記小変位端の変位に比べ、前記大変位端の変位を大にさせ、前記変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。

【0006】 これによれば、移動体を移動させるために、変位機構部に変位の大となる大変位端と、大変位端より変位が小となる小変位端部を設けることにより、振

動形状を、非対称にさせ、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの小型化、製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により駆動特性を可変できるため、アプリケーションに応じたアクチュエータを製作することが可能である。

【0007】駆動用圧電素子としては、チタン酸ジルコニア酸鉛、チタン酸バリウム、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等を用いる。また、前記駆動信号としては、正弦波等を用いる。変位機構部としては、鉄、ステンレス、アルミニウム、ベリリウム銅、チタン等の金属を用いる。

【0008】また、本発明に係る第2の圧電アクチュエータは、少なくとも一つの圧電素子からなり且つ大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、変位機構部の大変位端寄りに、少なくとも一つの分極領域を設け、分極領域に駆動信号を入力することにより、大変位端の変位を小変位端の変位に比べ、大にさせ、変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。

【0009】これによれば、第1の圧電アクチュエータと同様に、変位機構部に変位の大となる大変位端と、大変位端より変位が小となる小変位端部を設けることにより、振動形状を、非対称にさせ、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの小型化、製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により駆動特性を可変できるため、アプリケーションに応じたアクチュエータを製作することが可能である。また、圧電素子のみで構成することができるため、接着工程等を必要とせず、製造工程簡略化等がはかれる。

【0010】また、本発明に係る第3の圧電アクチュエータは、大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けし、駆動用圧電素子に駆動信号を入力し、小変位端付近に小変位化手段を備えることにより、大変位端の変位に比べ大変位端の変位を大にさせ、変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。

【0011】これによれば、少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けされた変位機構部の、小変位端付近に、小変位端の変位を小さくさせる小変位化手段を備えることにより、大変位端の変位を小変位端に比べて大きくすることにより、振動形状を、非対称にさせ、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、移動体を所望の方向に駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの小型化、製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程

度により駆動特性を可変できるため、アプリケーションに応じたアクチュエータを製作することが可能である。

【0012】また、本発明に係る第4の圧電アクチュエータは、少なくとも一つの圧電素子からなり且つ大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、少なくとも一つの分極領域を設け、分極領域に駆動信号を入力し、小変位端付近に小変位化手段を備えることにより、大変位端の変位に比べ大変位端の変位を大にさせ、変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。

【0013】これによれば、少なくとも一つの圧電素子からなる変位機構部の、小変位端付近に、小変位端の変位を小さくさせる小変位化手段を備え、大変位端の変位を小変位端に比べて大きくすることにより、第3の圧電アクチュエータと同様に、振動形状を、非対称にさせ、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、移動体を所望の方向に駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの小型化、製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により駆動特性を可変できるため、アプリケーションに応じたアクチュエータを製作することができます。その上、圧電素子のみで構成できるので製造工程を簡略化できる。

【0014】また、本発明に係る第5の圧電アクチュエータは、第3または第4の圧電アクチュエータにおいて、小変位化手段として、動吸振器を用いることを特徴としている。これによれば、小変位化手段として、動吸振器を用いることにより、変位機構部の非対称な振動形状を意図的に誘発し、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により駆動特性を可変できるため、移動対象物に応じたアクチュエーションが可能であり、例えば、移動対象物が多少のうねりを持っていても、駆動することができある。

【0015】動吸振器としては、圧電効果や逆圧電効果の性質を有する圧電素子、電磁力を利用した磁石やコイル等を用い、変位機構部とは、同周波数逆位相の電圧を入力するなどの方法があげられる。また、本発明に係る第6の圧電アクチュエータは、第3または第4の圧電アクチュエータにおいて、小変位化手段として、制振材を用いることを特徴としている。

【0016】これによれば、小変位化手段として、制振材を用いることにより、小変位端の変位を小さくさせ、変位機構部の非対称な振動形状を意図的に誘発し、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、移動体を所望の方向に駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの製造簡易化と製造コストの削減が可能である。また、非対称程

度により駆動特性を可変できるため、移動対象物に応じたアクチュエーションが可能である。

【0017】制振材としては、例えば、天然ゴム、ブチルゴム、プラスチックなどの粘弾性体や、低Q値を示す、ガラスやセラミック等の脆性材等、機械エネルギーを熱エネルギー等に変換する材料があげられる。また、本発明に係る第7の圧電アクチュエータは、第1から第6のいずれかの圧電アクチュエータにおいて、前記移動体が回転移動体であることを特徴としている。

【0018】これによれば、例えば、変位機構部と移動体との接触点を移動体の回転中心とずらした位置に配置することにより、移動体は、直線運動を行うのみならず、回転運動を行う回転移動体とすることが可能である。また、本発明に係る第8の圧電アクチュエータは、第1から第6の圧電アクチュエータにおいて、移動体を固定し、相対的に変位機構部が駆動されることを特徴としている。

【0019】これによれば、移動体を固定することにより、変位機構部を自走させることができ、圧電アクチュエータを自走ロボット等に応用することが可能である。

【0020】

【発明の実施の形態】《実施の形態1》本発明を適用した実施の形態1について、図1、2により詳細に説明する。図1は、本実施の形態1に係る圧電アクチュエータの概略図である。圧電アクチュエータは、大変位端2と小変位端3からなる変位機構部1と、変位機構部1の一面で、大変位端2寄りに貼付けた駆動用圧電素子4と、変位機構部1の他面と接する移動体5からなる。変位機構部1の支持は、例えば、振動の節部分とする。

【0021】図2は、実施の形態1に係る圧電アクチュエータの動作原理を示す図である。図2Aは、本発明に係る圧電アクチュエータの変位機構部1の運動形状を示す。移動体5は、変位機構部1とは、接触していない。大変位端2側では、駆動用圧電素子4の伸縮力を直接受けるため、変位機構部1の厚み方向変位は、小変位端3に比べ、大変位端2での変位が大きくなる。

【0022】図2Bは、本発明に係る圧電アクチュエータの変位機構部1に移動体5を接した場合の概略図である。移動体5を接触させることにより、変位機構部1は、移動体5の移動方向と垂直な方向に力を受け、微小変形する。そのとき、駆動信号入力が0である変形前の変位機構部1と移動体5との距離が一定であり、大変位端2は、小変位端3に比べ、大きく変位しているため、移動体5により、運動が妨げられ、移動体5との接觸点から大きな反力を受ける。

【0023】図2Cは、変位機構部1が移動体5を駆動させるときの概略図である。大変位端2と小変位端3のそれぞれの接觸点では、移動体5の移動方向と垂直な方向には、変位機構部1の移動体5により妨げられる

力と、移動体5の自重力を受ける。前述の通り、大変位端2は、小変位端3に比べ、移動体5との接觸点で大きな反力を受ける。そして、変位機構部1にかかる移動体5の自重力は、大変位端2、小変位端3共に一定である。よって、その力を合成すると、変位機構部1の大変位端2では、小変位端3に比べ、大きな垂直反力を受ける。また、変位機構部1の変形時、微小に曲率を持つため、移動体5の移動方向と水平且つ曲率をなす方向に、変位機構部1は動こうとする。しかし、移動体5と接觸しているため、大変位端2及び小変位端3では、曲率をなす方向と逆の方向に摩擦力を受ける。摩擦力は、一般的に、 $F = \mu s N$ (F :摩擦力, μs :静摩擦係数, N :垂直反力) で表せる。大変位端2の反力を N_a 、摩擦力 F_a とし、小変位端3の反力を N_b 、摩擦力 F_b とすると、反力は、 $N_a > N_b$ となるため、摩擦力差は、 $F_a > F_b$ となる。その差により、移動体5は、大変位端2側から小変位端3側に移動する。さらに、小変位端3側では、静摩擦から動摩擦に切り替わる。一般に、静摩擦係数 μs は、動摩擦係数に比べ大きいため、大変位端2と小変位端3での摩擦力差は、さらに増大する。また、大変位端2では、小変位端3に比べ、もともとの変位が大きいため接觸時間が長いことも水平方向の摩擦力の差ともなる。

【0024】以上により、実施の形態1に係る圧電アクチュエータは、駆動用圧電素子4を大変位端2寄りに貼付けし、大変位端2の変位を小変位端3より増大させることにより、摩擦力差を生じさせ、移動体5を所望の方向に駆動することが可能である。

《実施の形態2》実施の形態2について、図3～5を用いて詳細に説明する。

【0025】図3は、実施の形態2に係る圧電アクチュエータの概略図である。大変位端2と小変位端3からなる変位機構部1と、変位機構部1と接觸する5からなる。変位機構部1は、圧電素子からなり、例えば、圧電素子を積層した構成とする。図4は、実施の形態2に係る変位機構部の構成図である。圧電素子を例えれば、5層積層した構造で、上面一層は、外部から駆動信号を入力する電極層を設ける。

【0026】まず、図4Cは、GND層であり、上面にGND電極11を設ける。下層との絶縁と、駆動信号入力及び分極時において基準電位となる。また、GND電極11は、層の側面に外部電極を有する。また、図4Bは、屈曲運動を誘発する屈曲層であり、層上面且つ大変位端2寄りに、第一電極12を設ける。また、第一電極12は、層の側面に外部電極を有する。第一電極12には、例えれば、+の駆動信号を入力したとき屈曲層に伸びの歪みを誘発し、移動体5(図3に示す)側に、変位機構部1(図3に示す)が屈曲するよう分極する。

【0027】また、図4Aは、外部から駆動信号を入力する上面電極層を示す。上面電極層には、GND電極11と第一電極12を有し、層の側面に外部電極を有す

る。各層の側面の外部電極と側面で導通がされ、上面電極層のGND電極11と第一電極12に駆動信号を入力することにより、積層した各層に駆動信号が入力される。

【0028】図5は、実施の形態2に係る圧電アクチュエータの駆動原理を示す図である。図5Aは、変位機構部1の駆動原理を示す。変位機構部1に、移動体5は、接触していない。前述の通り、大変位端2寄りに設けられた分極領域に駆動信号を入力することにより、大変位端2寄りに、逆圧電効果の伸縮力がかかり、小変位端3側には、伸縮力がかからため、大変位端2の変位は、小変位端3の変位に比べ大きくなる。

【0029】図5Bは、移動体5を接触させたときの変位機構部1の駆動原理を示す。移動体5を接触させることにより、変位機構部1は、移動体5の移動方向と垂直をなす方向に力を受け、微小変形する。そのとき、駆動信号入力が0である変形前の変位機構部1と移動体5との距離が一定であり、移動体5がないならば、大変位端2は、小変位端1に比べ、大きく変位しているため、移動体5により、運動が妨げられ、移動体5との接点から大きな反力を受ける。

【0030】図5Cは、変位機構部1が移動体5を駆動させるときの概略図である。大変位端2と小変位端3のそれぞれの接点では、移動体5の移動方向と垂直をなす方向には、変位機構部1の移動体5により妨げられる力と、移動体5の自重力を受ける。前述の通り、大変位端2は、小変位端3に比べ、移動体5との接点で大きな反力を受ける。そして、変位機構部1にかかる移動体5の自重力は、大変位端2、小変位端3共に一定である。よって、その力を合成すると、変位機構部1の大変位端2では、小変位端3に比べ、大きな垂直反力を受ける。また、変位機構部1の変形時、微小に曲率を持つため、移動体5の移動方向と水平且つ曲率をなす方向に、変位機構部1は動こうとする。しかし、移動体5と接觸しているため、大変位端2及び小変位端3では、曲率をなす方向と逆の方向に摩擦力を受ける。摩擦力は、一般的に、 $F = \mu sN$ (F:摩擦力、 μs :静摩擦係数、N:垂直反力)で表せる。大変位端2の反力をNa、摩擦力をFaとし、小変位端3の反力をNb、摩擦力をFbとすると、反力は、Na>Nbとなるため、摩擦力差は、Fa>Fbとなる。その差により、移動体5は、大変位端2側から小変位端3側に移動する。さらに、小変位端3側では、静摩擦から動摩擦に切り替わる。一般に、静摩擦係数 μs は、動摩擦係数に比べ大きいため、大変位端2と小変位端3での摩擦力差は、さらに増大する。また、大変位端2では、小変位端3に比べ、もともとの変位が大きいため接觸時間が長いことも水平方向の摩擦力の差ともなる。

【0031】以上により、実施の形態2に係る圧電アクチュエータは、大変位端と小変位端の変位の違いから摩擦力差を生じさせ、移動体を所望の方向に駆動すること

が可能である。さらに、圧電素子のみで変位機構部を構成することが可能であるため、圧電素子と変位機構部との接着をなくし、製造工程を簡略化することが可能である。

《実施の形態3》実施の形態3について、図6～12を用いて、詳細に説明する。

【0032】図6は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの概略図である。図6Aは、実施の形態3にかかる圧電アクチュエータの構成図を示す。実施の形態3に係る圧電アクチュエータは、大変位端2と小変位端3を有する変位機構部1と、変位機構部1に貼付けした駆動用圧電素子4と動吸振器7と、変位機構部1に接する移動体5と、駆動用圧電素子4に入力する駆動信号を発生する駆動信号源10と、動吸振器7に入力する信号を発生する吸振信号源15からなる。動吸振器7としては、例えば圧電材からなる。

【0033】図6Bは、実施の形態3にかかる変位機構部1の駆動原理を示す。動吸振器7には、吸振信号源15より吸振信号を入力し、例えば、駆動用圧電素子4に入力する駆動信号とは、同周波数で逆位相の信号とする。大変位端2寄りに設けられた駆動用圧電素子4に駆動信号源10からの駆動信号を入力する。それにより、大変位端2側は、駆動信号が入力されるため大きく変位するが、小変位端3側では、動吸振器7があるため、駆動用圧電素子4から伝播した振動エネルギーを柔軟にうち消すことが可能となる。それにより、大変位端2に比べ、小変位端3の変位を小とする事が可能となる。さらに、フィードバック回路を取り入れることにより、応答性の高いアクチュエータを構成することも可能である。

【0034】図6Cは、実施の形態3にかかる圧電アクチュエータにおいて、変位機構部1が移動体5を駆動させるとの概略図である。大変位端2と小変位端3のそれぞれの接点では、移動体5の移動方向と垂直をなす方向には、変位機構部1の移動体5により妨げられる力と、移動体5の自重力を受ける。前述の通り、大変位端2は、小変位端3に比べ、移動体5との接点で大きな反力を受ける。そして、変位機構部1にかかる移動体5の自重力は、大変位端2、小変位端3共に一定である。よって、その力を合成すると、変位機構部1の大変位端2では、小変位端3に比べ、大きな垂直反力を受ける。また、変位機構部1の変形時、微小に曲率を持つため、移動体5の移動方向と水平且つ曲率をなす方向に、変位機構部1は動こうとする。しかし、移動体5と接觸しているため、大変位端2及び小変位端3では、曲率をなす方向と逆の方向に摩擦力を受ける。摩擦力は、一般的に、 $F = \mu sN$ (F:摩擦力、 μs :静摩擦係数、N:垂直反力)で表せる。大変位端2の反力をNa、摩擦力をFaとし、小変位端3の反力をNb、摩擦力をFbとすると、反力は、Na>Nbとなるため、摩擦力差は、Fa>Fbとなる。その差により、移動体5は、大変位端2側から小変位端3側に移動

する。さらに、小変位端3側では、静摩擦から動摩擦に切り替わる。一般に、静摩擦係数 μ_s は、動摩擦係数に比べ大きいため、大変位端2と小変位端3での摩擦力差は、さらに増大する。また、大変位端2では、小変位端3に比べ、もともとの変位が大きいため接触時間が長いことも水平方向の摩擦力の差となる。

【0035】以上により、大変位端と小変位端の変位の違いから摩擦力差を生じさせ、移動体を所望の方向に駆動することが可能である。また、動吸振器7を駆動用圧電素子と同じく、圧電材とすることにより、駆動信号と吸振信号の切り替えで、移動体5の駆動方向を逆転することが可能である。図7は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの概略図である。圧電アクチュエータは、第一の変位端18と第二の変位端19からなる変位機構部1と、変位機構部1と接触する移動体5からなる。変位機構部1は、圧電素子からなり、例えば、積層した構造とする。

【0036】図8は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの変位機構部の構成図である。圧電素子を例えれば、5層積層した構造で、上面一層は、外部から駆動信号を入力する電極層を設ける。まず、図8Cは、GND層であり、上面にGND電極11を設ける。下層との絶縁と、駆動信号入力及び分極時において基準電位となる。また、GND電極11は、層の側面に外部電極を有する。

【0037】また、図8Bは、屈曲運動を誘発する屈曲層であり、例えば、層の上面で第一の変位端18側に、第一電極12を、第二の変位端19側に、第二電極13を設ける。第一電極12と第二電極13は、層の側面に外部電極を有する。第一電極12部分には、例えば、+の駆動信号を入力したとき屈曲層に伸びの歪みを誘発し、移動体5(図7に示す)側に、変位機構部1(図7に示す)が屈曲するよう分極し、同様に第二電極13部分にも、例えば+の駆動信号を入力したとき屈曲層に伸びの歪みを誘発し、移動体5(図7に示す)側に、変位機構部1(図7に示す)が屈曲するよう分極する。

【0038】また、図8Aは、外部から駆動信号を入力する上面電極層を示す。上面電極層には、GND電極11と第一電極12と第二電極13を有し、層の側面に外部電極を有する。各層の側面の外部電極と側面で導通がとれ、上面電極層のGND電極11と第一電極12と第二電極13に駆動信号を入力することにより、積層した各層に駆動信号が入力される。

【0039】図9は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの駆動原理を示す図である。図9Aは、変位機構部1の駆動原理を示す。変位機構部1に、移動体5は、接触していない。前述の通り、第二の変位端19寄りに設けられた分極領域に駆動信号を入力することにより、第二の変位端19寄りに、逆圧電効果の伸縮力がかかり、さらに第一の変位端18側には、第二の変位端19

とは、逆位相の吸振信号を入力されているため、第一の変位端18側の変位が打ち消され、第二の変位端19の変位は、第一の変位端18の変位に比べ大きくなる。

【0040】図9Bは、移動体5を接触させたときの変位機構部1の駆動原理を示す。移動体5を接触させることにより、変位機構部1は、移動体5の移動方向と垂直をなす方向に力を受け、微小変形する。そのとき、駆動信号入力が0である変位前の変位機構部1と移動体5との距離が一定であり、移動体5がないならば、第二の変位端19は、第一の変位端18に比べ、大きく変形しているため、移動体5により、運動が妨げられ、移動体5との接触点から大きな反力を受ける。

【0041】図9Cは、変位機構部1が移動体5を駆動させるときの概略図である。第二の変位端19と第一の変位端18のそれぞれの移動体5との接触点では、移動体5の移動方向と垂直をなす方向には、変位機構部1の移動体5により妨げられる力と、移動体5の自重力を受ける。前述の通り、第二の変位端19は、第一の変位端18に比べ、移動体5との接触点で大きな反力を受ける。そして、変位機構部1にかかる移動体5の自重力は、第二の変位端19、第一の変位端18共に一定である。よって、その力を合成すると、変位機構部1の第二の変位端19では、第一の変位端18に比べ、大きな垂直反力を受ける。また、変位機構部1の変形時、微小に曲率を持つため、移動体5の移動方向と水平且つ曲率をなす方向に、変位機構部1は動こうとする。しかし、移動体5と接触しているため、第二の変位端19及び第一の変位端18では、曲率をなす方向と逆の方向に摩擦力を受ける。摩擦力は、一般的に、 $F = \mu_s N$ (F:摩擦力、 μ_s :静摩擦係数、N:垂直反力)で表せる。第二の変位端19の反力をNa、摩擦力をFaとし、第一の変位端18の反力をNb、摩擦力をFbとすると、反力は、Na>Nbとなるため、摩擦力差は、Fa>Fbとなる。その差により、移動体5は、第二の変位端19側から第一の変位端18側に移動する。さらに、第一の変位端18側では、静摩擦から動摩擦に切り替わる。一般に、静摩擦係数 μ_s は、動摩擦係数に比べ大きいため、第二の変位端19と第一の変位端18での摩擦力差は、さらに増大する。また、第二の変位端19では、第一の変位端18に比べ、もともとの変位が大きいため接触時間が長いことも水平方向の摩擦力の差となる。

【0042】以上により、第一の変位端18と第二の変位端19の変位の違いから摩擦力差を生じさせ、移動体を所望の方向に駆動することが可能である。さらに、圧電素子のみで変位機構部を構成することが可能であるため、圧電素子と変位機構部との接着をなくし、製造工程を簡略化することが可能である。図10は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの概略図である。圧電アクチュエータは、第一の変位端18と第二の変位端19からなる変位機構部1と、変位機構部1と接触する移動体

5からなる。変位機構部1は、圧電素子からなり、例えば、積層した構造とする。

【0043】図11は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの変位機構部の構成図である。圧電素子を例えれば、5層積層した構造で、上面一層は、外部から駆動信号を入力する電極層を設ける。まず、図11Cは、GND層であり、上面にGND電極11を設ける。下層との絶縁と、駆動信号入力及び分極時において基準電位となる。また、GND電極11は、層の側面に外部電極を有する。

【0044】また、図11Bは、屈曲運動を誘発する屈曲層であり、例えば、層の上面で第一の変位端18側に第一電極12を、第二の変位端19側に第二電極13を設ける。また、第一電極12と第二電極13の間には、第三電極14を設ける。第一電極12、第二電極13、第三電極14は、層の側面に外部電極を有する。第一電極12、第二電極13、第三電極14部分には、例えば、+の駆動信号を入力したとき屈曲層に伸びの歪みを誘発し、移動体5(図10に示す)側に、変位機構部1(図10に示す)が屈曲するよう分極する。

【0045】また、図11Aは、外部から駆動信号を入力する上面電極層を示す。上面電極層には、GND電極11と第一電極12と第二電極13と第三電極14を有し、層の側面に外部電極を有する。各層の側面の外部電極と側面で導通がとれ、上面電極層のGND電極11と第一電極12と第二電極13と第三電極14に駆動信号を入力することにより、積層した各層に駆動信号が入力される。

【0046】図12は、実施の形態3に係る圧電アクチュエータの駆動原理を示す図である。図12Aは、変位機構部1の駆動原理を示す。変位機構部1に、移動体5は、接触していない。前述の通り、第二の変位端19寄りに設けられた第二の分極領域13(図示略す)と第三の分極領域14に駆動信号を入力することにより、第二の変位端19寄りに、逆圧電効果の伸縮力がかかり、さらに第一の変位端18側には、第二の変位端19とは、逆位相の吸振信号を入力することにより、第一の変位端18の変位が打ち消され、第二の変位端19の変位は、第一の変位端18の変位に比べ大きくなる。

【0047】図12Bは、移動体5を接触させたときの変位機構部1の駆動原理を示す。移動体5を接触させることにより、変位機構部1は、移動体5の移動方向と垂直をなす方向に力を受け、微小変形する。そのとき、駆動信号入力が0である変形前の変位機構部1と移動体5との距離が一定であり、移動体5がないならば、第二の変位端19は、第一の変位端18に比べ、大きく変形しているため、移動体5により、運動が妨げられ、移動体5との接点から大きな反力を受ける。

【0048】図12Cは、変位機構部1が移動体5を駆動させるとの概略図である。第二の変位端19と第三

の変位端18のそれぞれの接点では、移動体5の移動方向と垂直をなす方向には、変位機構部1の移動体5により妨げられる力と、移動体5の自重力を受ける。前述の通り、第二の変位端19は、第一の変位端18に比べ、移動体5との接点で大きな反力を受ける。そして、変位機構部1にかかる移動体5の自重力は、第二の変位端19、第一の変位端18共に一定である。よって、その力を合成すると、変位機構部1の第二の変位端19では、第一の変位端18に比べ、大きな垂直反力を受ける。また、変位機構部1の変形時、微小に曲率を持つため、移動体5の移動方向と水平且つ曲率をなす方向に、変位機構部1は動こうとする。しかし、移動体5と接觸しているため、第二の変位端19及び第一の変位端18では、曲率をなす方向と逆の方向に摩擦力を受ける。摩擦力は、一般的に、 $F=\mu sN$ (F:摩擦力、 μs :静摩擦係数、N:垂直反力)で表せる。第二の変位端19の反力をNa、摩擦力Faとし、第一の変位端18の反力をNb、摩擦力をFbとすると、反力は、Na>Nbとなるため、摩擦力差は、Fa>Fbとなる。その差により、移動体5は、第二の変位端19側から第一の変位端18側に移動する。さらに、第一の変位端18側では、静摩擦から動摩擦に切り替わる。一般に、静摩擦係数 μs は、動摩擦係数に比べ大きいため、第二の変位端19と第一の変位端18での摩擦力差は、さらに増大する。また、第二の変位端19では、第一の変位端18に比べ、もともとの変位が大きいため接触時間が長いことも水平方向の摩擦力の差ともなる。

【0049】また、第一の分極領域12と第二の分極領域13の信号振幅を切り替え、また第三の分極領域14への駆動信号の位相を切り替えることにより、移動体5の移動方向の正逆転が可能である。以上により、第一の変位端18と第二の変位端19の変位の違いから摩擦力差を生じさせ、移動体を所望の方向に駆動することが可能である。さらに、圧電素子のみで変位機構部を構成することが可能であるため、圧電素子と変位機構部との接着をなくし、製造工程を簡略化することが可能である。

【0050】以上により、実施の形態3に係る圧電アクチュエータは、変位機構部の両端の変位端の変位に差をつける手段として、動吸振器を用いる。それにより、一端の変位を逆位相の電圧をかけ、打ち消すことにより、他端との変位差を生じさせ、大変位から、小変位へと所望の方向に移動させる圧電アクチュエータを構成することが可能であり、さらに、三次元的な加工を必要とせず、製造工程の簡略化が可能である。

《実施の形態4》実施の形態4に関して、図13、14を用いて詳細に説明する。

【0051】図13は、実施の形態4に係る圧電アクチュエータの変位機構部の概略図である。大変位端2と小変位端3からなる変位機構部1に駆動用圧電素子4を貼付けする。小変位端3の変位を小さくする手段として、

制振材、例えば、制振ばね16を設ける。図14は、実施の形態4に係る変位機構部の動作原理を示す図である。図14Aは、実施の形態4に係る圧電アクチュエータの変位機構部1の運動形状を示す。移動体5は、変位機構部1とは、接触していない。小変位端3側では、制振ばね16があるため、小変位端3側の運動が妨げられ、変位機構部1の厚み方向変位は、小変位端3に比べ、大変位端2での変位が大きくなる。

【0052】図14Bは、本発明に係る圧電アクチュエータの変位機構部1に移動体5を接した場合の概略図である。移動体5を接触させることにより、変位機構部1は、移動体5の移動方向と垂直をなす方向に力を受け、微小変形する。そのとき、駆動信号入力が0である変形前の変位機構部1と移動体5との距離が一定であり、大変位端2は、小変位端1に比べ、大きく変位しているため、移動体5により、運動が妨げられ、移動体5との接触点から大きな反力を受ける。

【0053】図14Cは、変位機構部1が移動体5を駆動させるとの概略図である。大変位端2と小変位端3のそれぞれの接触点では、移動体5の移動方向と垂直をなす方向には、変位機構部1の移動体5により妨げられる力と、移動体5の自重力を受ける。前述の通り、大変位端2は、小変位端3に比べ、移動体5との接触点で大きな反力を受ける。そして、変位機構部1にかかる移動体5の自重力は、大変位端2、小変位端3共に一定である。よって、その力を合成すると、変位機構部1の大変位端2では、小変位端3に比べ、大きな垂直反力を受ける。また、変位機構部1の変形時、微小に曲率を持つため、移動体5の移動方向と水平且つ曲率をなす方向に、変位機構部1は動こうとする。しかし、移動体5と接触しているため、大変位端2及び小変位端3では、曲率をなす方向と逆の方向に摩擦力を受ける。摩擦力は、一般的に、 $F = \mu s N$ (F:摩擦力、 μs :静摩擦係数、N:垂直反力)で表せる。大変位端2の反力をNa、摩擦力をFaとし、小変位端3の反力をNb、摩擦力をFbとすると、反力は、Na>Nbとなるため、摩擦力差は、Fa>Fbとなる。その差により、移動体5は、大変位端2側から小変位端3側に移動する。さらに、小変位端3側では、静摩擦から動摩擦に切り替わる。一般に、静摩擦係数 μs は、動摩擦係数に比べ大きいため、大変位端2と小変位端3での摩擦力差は、さらに増大する。また、大変位端2では、小変位端3に比べ、もともとの変位が大きいため接触時間が長いことも水平方向の摩擦力の差となる。

【0054】以上により、実施の形態4に係る圧電アクチュエータは、小変位端の変位を小とする手段として、制振材を用いることを特徴としている。それにより、小変位端の変位を小さくさせ、大変位端側との移動体に対する摩擦力に差を生じさせ、移動体を駆動させることができある。つまり、突起をなくした構造で、移動体を所望の方向に駆動することが可能であり、また、三次元

的な加工をなくした構造であるため、製造工程を簡略化できる。

《実施の形態5》実施の形態5について、図15を用いて、詳細に説明する。

【0055】図15は、実施の形態5に係る圧電アクチュエータの概略図である。圧電アクチュエータは、回転軸20と変位機構部1と、回転移動体9からなる。変位機構部1としては、例えば、実施の形態1(図1)に示す変位機構部1を用い、駆動用圧電素子4が貼付けされ、大変位端2と小変位端3を有す。これによれば、移動体を回転移動体9とし、さらに変位機構部1の配置を回転移動体9の回転中心とずらし、駆動用圧電素子4に駆動信号を入力することにより、回転移動体9を回転運動させることが可能である。また、変位機構部1を複数用い、回転移動体9の円周方向に対し、変位機構部1の大変位端2の方向を正逆とすることにより、回転移動体9を正逆回転運動させることができる。これにより例えば、回転型モータ、θステージ、情報記憶装置等への応用が可能である。

《実施の形態6》図16は、実施の形態6に係る圧電アクチュエータの概略図である。圧電アクチュエータは、駆動用圧電素子4を貼付けした変位機構部1と移動体5からなる。変位機構部1としては、例えば、実施の形態1(図1)に示す変位機構部1を用い、駆動用圧電素子4が貼付けされている。図16に示す変位機構部1には、駆動用圧電素子4を両端に貼付けすることにより、大変位端と小変位端の位置をそれぞれ切り替えることが可能となる例を示している。そして、移動体5を固定することにより、変位機構部1自身、駆動することが可能である。それにより、例えば、搬送ロボットや、自走ロボット等に応用することが可能である。

【0056】以上により、実施の形態6に係る圧電アクチュエータは、移動体を固定することにより、変位機構部を自駆動することが可能であり、回転型モータ、θステージ、情報記憶装置や搬送ロボット、自走ロボット等への応用が可能である。

【0057】

【発明の効果】以上により、本発明にかかる第1の圧電アクチュエータは、大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、変位機構部の一面で且つ大変位端寄りに、少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けし、駆動用圧電素子に駆動信号を入力することにより、小変位端の変位に比べ、大変位端の変位を大にさせ、変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。それにより、振動形状を、非対称にさせ、変位機構部の両端でと移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの小型化、製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により駆動

特性を可変できるため、アプリケーションに応じたアクチュエータを製作する効果が見込まれる。

【0058】本発明にかかる第2の圧電アクチュエータは、少なくとも一つの圧電素子からなり且つ大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、圧電素子の大変位端寄りに、少なくとも一つの分極領域を設け、前記分極領域に駆動信号を入力することにより、前記大変位端の変位を前記小変位端の変位に比べ、大にさせ、前記変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。それにより、第1の圧電アクチュエータの効果に加え、圧電素子のみで構成することが可能であるため、接着工程等を必要とせず、製造工程簡略化等の効果が得られる。

【0059】本発明にかかる第3の圧電アクチュエータは、大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、少なくとも一つの駆動用圧電素子を貼付けし、駆動用圧電素子に駆動信号を入力し、小変位端付近に小変位化手段を備えることにより、大変位端の変位に比べ大変位端の変位を大にさせ、変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。つまり、何らかの手段を用いて大変位端に比べ小変位端の変位を小にさせ、変位機構部の非対称な振動形状を意図的に誘発し、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることが可能である。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により駆動特性を可変できるため、移動対象物に応じたアクチュエーションが可能であり、例えば、移動対象物が多少のうねりを持っていても、駆動する効果が見込まれる。

【0060】本発明にかかる第4の圧電アクチュエータは、少なくとも一つの圧電素子からなり且つ大変位端と小変位端からなる変位機構部を有する圧電アクチュエータにおいて、少なくとも一つの分極領域を設け、前記分極領域に駆動信号を入力し、小変位端付近に小変位化手段を備えることにより、大変位端の変位に比べ大変位端の変位を大にさせ、変位機構部の他面に接触する移動体を駆動させることを特徴としている。それにより、第3の圧電アクチュエータの効果に加え、圧電素子のみで構成することが可能であるため、接着工程等を必要とせず、製造工程簡略化等の効果が見込まれる。

【0061】本発明にかかる第5の圧電アクチュエータは、第3または第4の圧電アクチュエータにおいて、小変位化手段として、動吸振器を用いることを特徴としている。それにより、動吸振器を用いることで、変位機構部の非対称な振動形状を意図的に誘発し、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることが可能である。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの製造簡易化と製造コストを削減が可能である。また、非対称程度により

駆動特性を可変できるため、移動対象物に応じたアクチュエーションが可能であり、例えば、移動対象物が多少のうねりを持っていても、駆動する効果が見込まれる。

【0062】本発明にかかる第6の圧電アクチュエータは、第3または第4の圧電アクチュエータにおいて、小変位化手段として、制振材を用いることを特徴としている。それにより、制振材を用いることで、変位機構部の非対称な振動形状を意図的に誘発し、変位機構部と移動体の接触で生じる摩擦力の差により、所望の方向に移動体を駆動させることができある。その上、突起の加工を必要とせず、アクチュエータの製造簡易化と製造コストの削減が可能である。また、非対称程度により駆動特性を可変できるため、移動対象物に応じたアクチュエーションが可能となる。

【0063】本発明にかかる第7の圧電アクチュエータは、第1から第6のいずれかの圧電アクチュエータにおいて、移動体が回転移動体であることを特徴としている。それにより、移動体は、直線運動を行うのみならず、回転運動を行う回転移動体となり、回転型モータやステージや情報記憶装置等の応用が可能である。本発明にかかる第8の圧電アクチュエータは、また、本発明に係る圧電アクチュエータは、第1から第6のいずれかの圧電アクチュエータにおいて、移動体を固定し、相対的に変位機構部が駆動されることを特徴としている。それにより、移動体を固定することにより、変位機構部を自走させることが可能であり、圧電アクチュエータを自走ロボット等に応用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る圧電アクチュエータの動作原理を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態2に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【図4】本発明の実施の形態2に係る変位機構部を示す構成図である。

【図5】本発明の実施の形態2に係る圧電アクチュエータの駆動原理を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【図7】本発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【図8】本発明の実施の形態3に係る変位機構部を示す構成図である。

【図9】本発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータの駆動原理を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【図11】本発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータの変位機構部を示す構成図である。

【図12】本発明の実施の形態3に係る圧電アクチュエータの駆動原理を示す図である。

【図13】本発明の実施の形態4に係る圧電アクチュエータの変位機構部を示す概略図である。

【図14】本発明の実施の形態4に係る変位機構部の動作原理を示す図である。

【図15】本発明の実施の形態5に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【図16】本発明の実施の形態6に係る圧電アクチュエータを示す概略図である。

【符号の説明】

1 変位機構部

2 大変位端

3 小変位端

4 駆動用圧電素子

5 移動体

6 分極領域

7 動吸振器

8 制振材

9 回転移動体

10 駆動信号源

11 GND電極

12 第一電極

13 第二電極

14 第三電極

15 吸振信号源

16 制振ばね

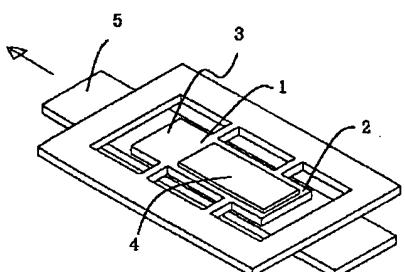
17 圧電振動子

18 第一の変位端

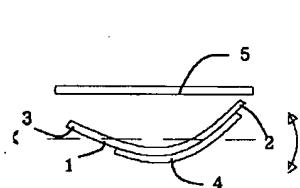
19 第二の変位端

20 回転軸

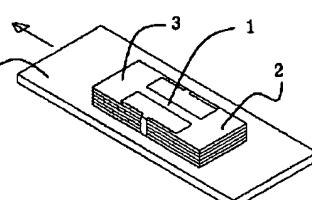
【図1】



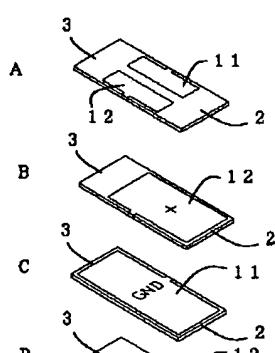
【図2】



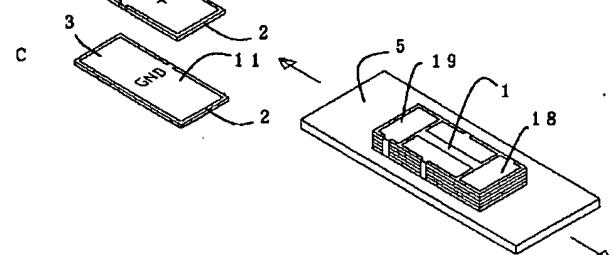
【図3】



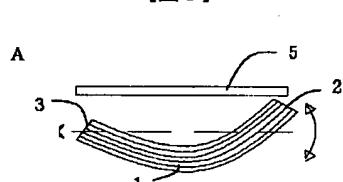
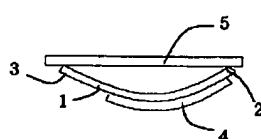
【図4】



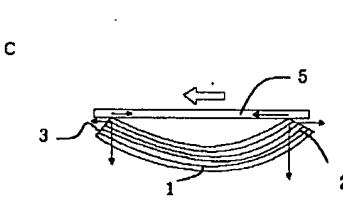
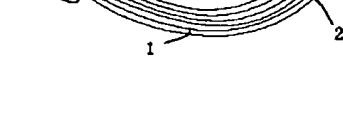
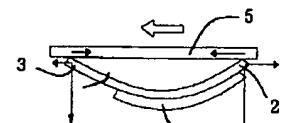
【図10】



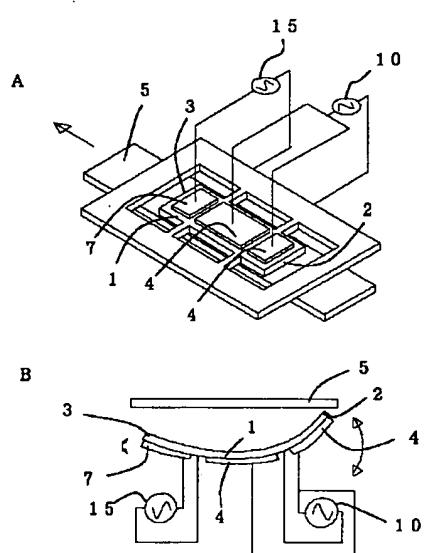
【図5】



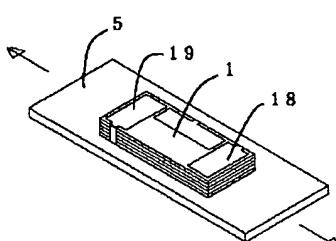
【図5】



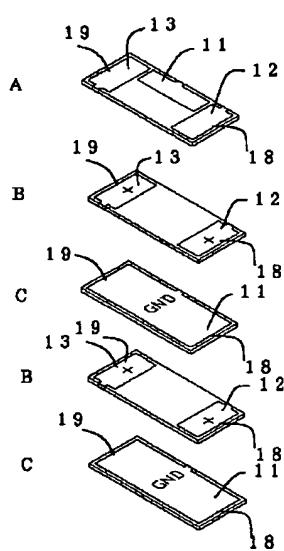
【図6】



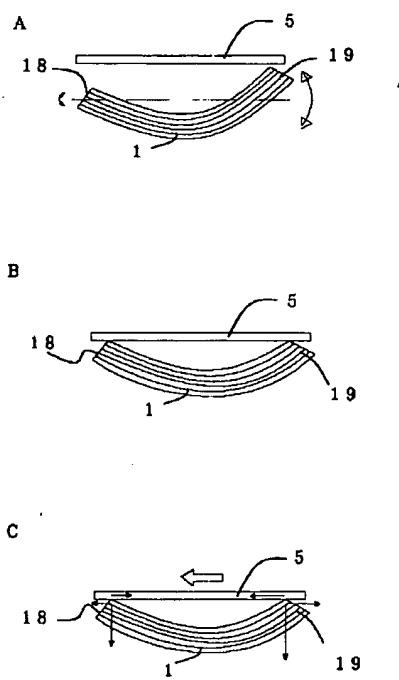
【図7】



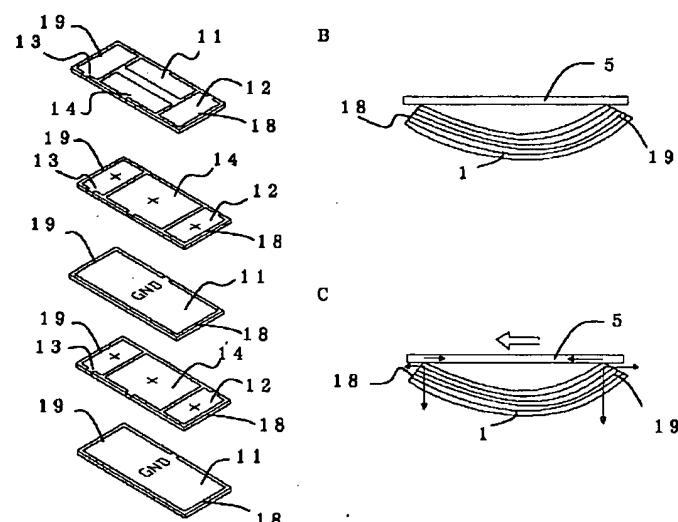
【図8】



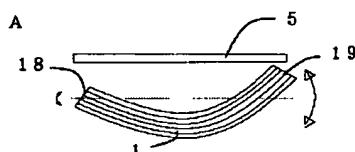
【図9】



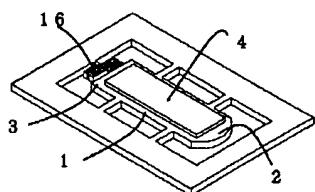
【図11】



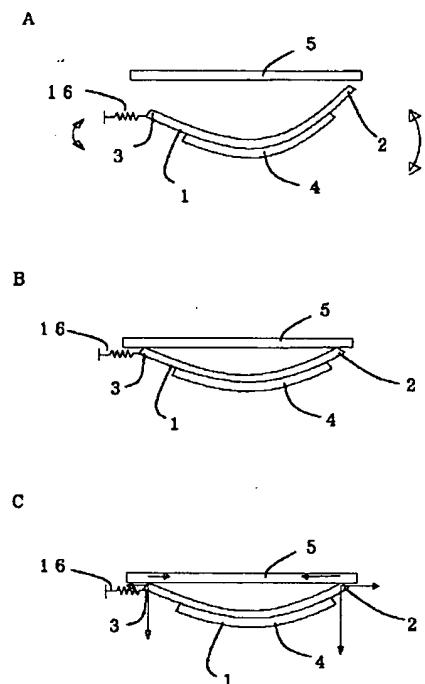
【図12】



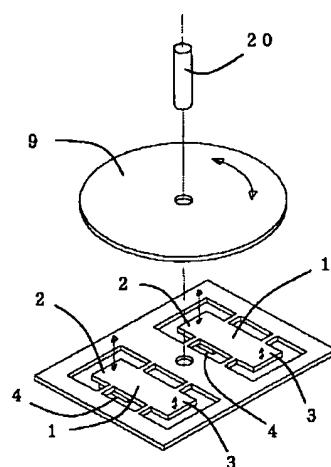
【図13】



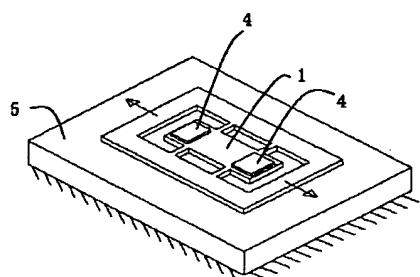
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 肖

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内

(72)発明者 谷 和夫

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内

(72)発明者 鈴木 陽子

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内